

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-252121

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl.

H01F 10/16

H01F 17/00

(21)Application number : 11-051889

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD
INOUE AKIHISA

(22)Date of filing : 26.02.1999

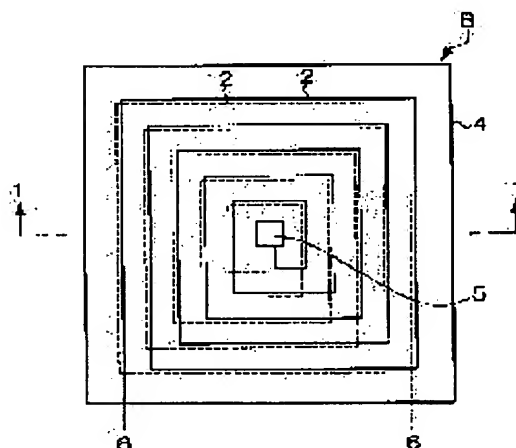
(72)Inventor : IGARASHI KAZUSATO
MIZUSHIMA TAKAO
MAKINO TERUHIRO
INOUE AKIHISA

(54) HIGH-FREQUENCY Co-BASED METALLIC AMORPHOUS MAGNETIC FILM, AND MAGNETIC ELEMENT, INDUCTOR AND TRANSFORMER USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a metallic amorphous magnetic film, which has a high permeability in a frequency band of several 100 MHz or higher and in particular, in a high-frequency zone band which is not smaller than 1 GHz as a high-frequency magnetic material, and which can be easily manufactured, and also to provide a magnetic element, inductor and transformer which use the magnetic film.

SOLUTION: A high-frequency Co-based metallic amorphous magnetic film 4 contains Co as a main component and an amorphous phase containing one or more of elements Fe, Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V and Ti as a main phase. The real part of the complex permeability at 100 MHz is 300 or more and an imaginary part thereof is 20 or less, the real part of a complex permeability at 1 GHz is 300 or more, and the imaginary part thereof is 20 or less.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Co is used as a principal component and it is set to Fe considering the amorphous phase containing one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V, and Ti as a subject. The real part of complex permeability with a frequency of 100MHz or more by 300 And Co basic metal amorphous magnetic film for RFs which imaginary part is 20 or less, and the real part of complex permeability with a frequency of 1GHz is 300 or more, and is characterized by imaginary part showing 200 or less.

[Claim 2] Co basic metal amorphous magnetic film for RFs according to claim 1 characterized by consisting of the following presentation.

Co_{100-x-y-z}Fe_xMyQ_z, however M are one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V, and Ti, Q is one sort or two sorts or more of elements chosen from B, P, and C, and x which shows a presentation ratio, and y and z are at%, and satisfy the relation of $x \leq 20$, $5 \leq y \leq 20$, and $z \leq 12$.

[Claim 3] Said presentation ratio x, and y and z are Co basic metal amorphous magnetic film for RFs according to claim 2 characterized by being at% and being $5 \leq x \leq 10$, $10 \leq y \leq 20$, and $z \leq 7$.

[Claim 4] Co basic metal amorphous magnetic film for RFs according to claim 1 to 3 characterized by being monolayer.

[Claim 5] The magnetic cell characterized by having Co basic metal amorphous magnetic film for RFs according to claim 1 to 4.

[Claim 6] The flat-surface mold magnetic cell characterized by coming to consist of a Co basic metal amorphous magnetic film for RFs according to claim 1 to 4 cores.

[Claim 7] The inductor using a flat-surface mold magnetic cell according to claim 6.

[Claim 8] The transformer using a flat-surface mold magnetic cell according to claim 6.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention shows frequency band several 100MHz or more and high permeability especially in a high frequency band 1GHz or more, and relates to Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of low loss, and the magnetic cell using it, an inductor and a transformer.

[0002]

[Description of the Prior Art] With the miniaturization of a magnetic cell, and high-performance-izing, it has high saturation magnetic flux density upwards, and the permeability in frequency band several 100MHz or more is high, and what has high specific resistance is called for. Many amorphous alloys which use Fe or Fe as a principal component as a magnetic material which has high saturation magnetic flux density conventionally are known. Moreover, Co system amorphous alloy is known as an ingredient excellent in soft magnetic characteristics. However, although saturation magnetic flux density was high when the magnetic film of the above-mentioned Fe system amorphous alloy was produced with membrane formation techniques, such as a spatter, coercive force was large and it was difficult for specific resistance to become small and to obtain good soft magnetic characteristics. Moreover, one of the causes of the permeability fall in high frequency has loss by generating of an eddy current. In order to prevent the eddy current loss which is the cause of decline in the permeability in this RF, to attain thin-film-izing and high resistance-ization of a thin film is desired.

[0003] However, the soft magnetism alloy which raised specific resistance is called for, it being very difficult to raise specific resistance, with magnetic properties maintained, and the specific resistance of the soft magnetism thin film of alloy systems, such as Sendust, being as small as 100 [dozens -] and dozens of micro ohm-cm extent, and securing the saturation magnetic flux density beyond 0.5T at least. Moreover, when obtaining an alloy as a thin film, it is still more difficult to obtain good soft magnetic characteristics under the effect of generating of magnetostriction etc. Moreover, although loss in a high frequency band is reduced by making it the multilayer structure which it was easy to manufacture since the amorphous alloy of the above-mentioned Fe system or Co system was manufactured by a spatter etc., but carried out the laminating of this amorphous alloy thin film and the insulating thin film by turns since loss in a high frequency band was large and it was not able to use by the monolayer, by this approach, the thickness of a magnetic cell will become thick.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] From such a background, this invention persons develop the oxide nano crystal magnetic film of a Fe-M-O system (however, Element M shows at least one sort or those mixture of IVA, VA group element, or the rare earth elements, and has the presentation of $50 \leq \text{Fe} \leq 70$, $5 \leq \text{M} \leq 30$, and $10 \leq \text{O} \leq 30$), and are doing patent application in the publication-number No. 316748 [six to] specification. According to the oxide nano crystal magnetic film of this system, by one with high (215.3-133709micro ohm-cm) specific resistance, there could be little eddy current loss in a RF field, high permeability could be obtained in the RF field, saturation magnetic flux density could acquire the high value (before or after 0.7 - 1.5T) more than 0.5T (tesla), and coercive force was also low (0.8 - 4.0 Oe).

[0005] However, although there are two values, the real part (μ') of complex permeability and imaginary part (μ''), and it is desired for the value of real part to be high for the application of a transformer, an inductor, or an antenna, and for the value of imaginary part to be low in order to express permeability generally What [can make a high value the value of the real part (μ') of complex permeability in a high frequency band hundreds of MHz or more if it is in the soft magnetism alloy thin film of a Fe-M-O system] It becomes large so that the imaginary part of complex permeability may exceed the value of real part, and

the value of (real part of complex permeability)/(imaginary part of complex permeability), i.e., the value of figure of merit (Q) expressed with $(\mu')/(\mu'')$, comes to be less than 1, and there is a problem to which loss becomes large. It can be said that Above Q shows the loss property of core material, and it is excellent as a charge of RF material, so that this value is large. Moreover, in the above-mentioned oxide nano crystal magnetic film, since oxygen is added in a magnetic film at the time of manufacture, in order to usually adopt a reactant spatter, the repeatability of a property was difficult, manufacture was difficult and the problem that variation will arise was in the property of the magnetic cell obtained.

[0006] On the other hand, in a communication link-related field etc., RF-ization of mobile telecom terminal devices, such as a personal handicap phon (PHS), is progressing quickly, and it is in the inclination for a GHz band to be used further. Moreover, although the inductor of an air core is now used as components, it is thought that the demand to the ingredient which occupancy area is large, and there is a demand miniaturized by using a magnetic thin film for a core, and has prospective still higher Q value increases.

[0007] This invention was made in view of the above-mentioned situation, permeability is high in especially a high frequency band 1GHz or more, and offering the magnetic cell using frequency band several 100MHz or more, offering an easy metal amorphous magnetic film, and it as magnetic materials for RFs etc., an inductor, and a transformer has manufacture.

[0008]

[Means for Solving the Problem] This invention uses Co as a principal component, and serves as Fe considering the amorphous phase containing one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V, and Ti as a subject. The real part of complex permeability with a frequency of 100MHz is 300 or more, and imaginary part is 20 or less. The real part of complex permeability with a frequency of 1GHz or more by 300 And imaginary part made Co basic metal amorphous magnetic film for RFs characterized by showing 200 or less the solution means of the above-mentioned technical problem.

[0009] This invention shall consist the above-mentioned Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of the following presentation.

Co_{100-x-y-z}Fe_xMyQz, however M are one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V, and Ti, Q is one sort or two sorts or more of elements chosen from B, P, and C, and x which shows a presentation ratio, and y and z are at%, and satisfy the relation of $x \leq 20$, $5 \leq y \leq 20$, and $z \leq 12$. In the above-mentioned presentation, said presentation ratio x, and y and z are at%, and, as for this invention, it is desirable to be referred to as $5 \leq x \leq 10$, $10 \leq y \leq 20$, and $z \leq 7$.

[0010] This invention may make monolayer the above-mentioned Co basic metal amorphous magnetic film for RFs. Moreover, this invention made the magnetic cell characterized by having Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of a publication in above either the solution means of the above-mentioned technical problem. Moreover, this invention made the flat-surface mold magnetic cell characterized by above either coming to consist of a Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of a publication cores the solution means of the above-mentioned technical problem. Moreover, this invention made the inductor which used the above-mentioned flat-surface mold magnetic cell the solution means of the above-mentioned technical problem. Moreover, this invention made the transformer which used the above-mentioned flat-surface mold magnetic cell the solution means of the above-mentioned technical problem.

[0011]

[Embodiment of the Invention] This invention is explained further below at a detail. Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of this invention (it abbreviates to the amorphous magnetic film for RFs hereafter) Co is used as a principal component and it is set to Fe considering the amorphous phase containing one sort or two sorts or more of elements M chosen from Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V, and Ti as a subject. The real part of complex permeability with a frequency of 100MHz or more by 300 And imaginary part is 20 or less, and the real part of complex permeability with a frequency of 1GHz is 300 or more, and imaginary part shows 200 or less.

[0012] The following empirical formula can show the amorphous magnetic film film for RFs of this invention. Co_{100-x-y-z}Fe_xMyQz, however M are one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V, and Ti, Q is one sort or two sorts or more of elements chosen from B, P, and C, and x which shows a presentation ratio, and y and z are at%, and satisfy the relation of $x \leq 20$, $5 \leq y \leq 20$, and $z \leq 12$. In the above-mentioned empirical formula which becomes Co_{100-x-y-z}Fe_xMyQz, 100-x-y-z which shows the presentation ratio of Co is at%, and being referred to as $48 \leq 100-x-y-z \leq 95$ is desirable. In the above-mentioned empirical formula which becomes Co_{100-x-y-z}Fe_xMyQz, the above-mentioned presentation ratio x, and y and z are at%, and it is desirable to be referred to as $5 \leq x \leq 10$, $10 \leq y \leq 20$, and

$z \leq 7$.

[0013] In the amorphous magnetic film for RFs of this invention, Co is an element which bears magnetism. In order to obtain especially high saturation magnetic flux density, many contents of Co are so desirable that there are, but if Co is lessened too much, saturation magnetic flux density will become small. Next, in order that the superfluous permutation of Fe may cause crystallization, as for the content of Fe, less than [20at%] is good, although saturation magnetization (Is) increases with the increment in the content of Fe although Fe is an element which bears magnetism, and the real part (μ') of complex permeability can be raised. If the content of Fe increases, since an anisotropy field (H_k) will become small in connection with this, a resonance frequency will fall and the real part (μ') of complex permeability will increase, as a content of Fe, less than [more than 5at%10at%] is desirable.

[0014] The above-mentioned element M is required in order to form an amorphous phase (amorphous phase). Moreover, since saturation magnetization will fall and μ' will fall in connection with this if many [too] although Element M enlarges an anisotropy field (H_k) at a specific resistance (ρ) list, a resonance frequency is raised and μ'' in a RF is made small, as for the content of Element M, less than [more than 5at%20at%] is good, and less than [more than 10at%20at%] is preferably good. If it considers as the range of the invention in this application which mentioned above the content of the above-mentioned element M, μ'' can be made small by raising specific resistance (ρ) and enlarging an anisotropy field (H_k) at a list, eddy current loss can be reduced, the fall of the real part (μ') of the complex permeability in a high frequency band can be controlled, and a RF property can be improved. In addition, it is considered by Hf also especially in the above-mentioned element M for there to be an operation which controls magnetostriction. Moreover, compound addition of Zr and Ta is desirable also especially in the above-mentioned element M. Although saturation magnetization can be made high by the Co-Zr system, forward magnetostriction will occur. By considering as compound addition of Zr and Ta as the above-mentioned element M, it can consider as zero magnetostriction and specific resistance can be made high.

[0015] In order that the above-mentioned element Q may stabilize AMORUFASU, it is performing heat treatment among a magnetic field, and is effective in raising a RF property, but on the other hand, since saturation magnetization (Is) is made small and μ' is degraded, as for addition of this element Q, less than [12at%] is good, and less than [more than 2at%7at%] is preferably good. In addition, Element Q does not necessarily need to be added.

[0016] In order to produce the amorphous magnetic film for RFs of this invention, the alloy film is created by thin film coating technology, such as a spatter and vacuum evaporation. As a sputtering system, the existing things, such as RF2 pole spatter, DC spatter, magnetron sputtering, 3 pole spatter, an ion beam spatter, and an opposite target type spatter, can be used. Moreover, it can also manufacture in inert gas, such as Ar, using the multicomponent target which has arranged the various pellets of the elements Q, such as B, on the target of Co in addition to Elements M or these elements, such as Fe and Zr. Moreover, it faces manufacturing the metal amorphous magnetic film for RFs of this invention. The addition of Co, Fe, and the above-mentioned element M and the above-mentioned element Q is changed within the limits of this invention. Further about the above-mentioned element M and the above-mentioned element Q By changing the element to choose within the limits of this invention, saturation magnetization (Is), specific resistance (ρ), and an anisotropy field (H_k) are controlled. Even if it is a monolayer, what has high permeability is obtained as magnetic materials for RFs etc. in frequency band several 100MHz [or more], especially a high frequency band 1GHz or more.

[0017] Moreover, since the metal amorphous magnetic film for RFs of this invention can manufacture the magnetic film excellent in the above RF properties with sufficient repeatability by the spatter, it is easy to manufacture. Moreover, if a magnetic cell is produced using the metal amorphous magnetic film of this invention since the RF property is excellent as mentioned above even if the metal amorphous magnetic film for RFs of this invention is a monolayer, it can offer a magnetic cell with thin thickness. In addition, the metal amorphous magnetic film for RFs of this invention may be not only a monolayer but a multilayer thing.

[0018] Next, the 1st operation gestalt which applied the flat-surface mold magnetic cell of this invention to the inductor is shown. Drawing 1 and drawing 2 are drawings showing the 1st operation gestalt of the flat-surface mold magnetic cell (inductor) created using the metal amorphous magnetic film for RFs of this invention. In the inductor B of the 1st operation gestalt, the spiral-like flat-surface coils 2 and 2 are formed in both sides of substrate 1a. Each coils 2 and 2 and a substrate side are covered, an insulator layer 3 is formed, the metal amorphous magnetic film 4 for RFs of this invention is covered on each insulator layer 3, and a part for the core of coils 2 and 2 is electrically connected through the through hole 5 formed in the

central part of substrate 1a. Moreover, the terminal 6 is taken out from the coils 2 and 2 of both sides of substrate 1a by the way outside substrate 1a, respectively. In the inductor B of this configuration, an inductor is constituted between a terminal 6 and 6 by inserting the flat-surface coils 2 and 2 with magnetic films 4 and 4 through an insulator layer 3, respectively.

[0019] Said substrate 1a consists of a substrate, a substrate of Si wafer, or a resin substrate etc. which consists of a ceramic ingredient. When it constitutes substrate 1a from a ceramic ingredient, various kinds of things, such as an alumina, a zirconia, silicon carbide, silicon nitride, alumimium nitride, a steatite, a mullite, a cordylite, forsterite, and a spinel, can be chosen suitably, and can be used, but in order to bring coefficient of thermal expansion close to the coefficient of thermal expansion of Si, heat electric conductivity is large and it is desirable to use alumimium nitride also with large flexural strength etc.

[0020] the flat-surface coil 2 -- from right conductivity metallic materials, such as copper, silver, gold, aluminum, or these alloys, -- becoming -- an inductance, a direct-current superposition property, size, etc. -- responding -- electric -- a serial -- length -- or it can arrange suitably through an insulator layer horizontally. Furthermore, the flat-surface coil 2 can be created in various kinds of configurations by carrying out photo etching after forming a conductive layer on a substrate. What is necessary is just to use proper approaches, such as press sticking by pressure, plating, metallizing, vacuum deposition, sputtering, ion plating, and the screen-stencil calcinating method, as the film production approach of a conductive layer.

[0021] The insulator layer 3 is formed in order to prevent flowing with a magnetic film 4 and short-circuiting at the time of the energization to the flat-surface coil 2. As for an insulator layer 3, it is desirable to use what consists of minerals film, such as high polymer films, such as polyimide, SiO₂, glass, and hard carbon film. This insulator layer 3 is formed by approaches, such as the approach of calcinating after paste printing, a hot-dipping method, thermal spraying, gaseous-phase plating, vacuum deposition, sputtering, and ion plating. The metal amorphous magnetic film 4 for RFs consists of presentations explained previously. As thickness of the metal amorphous magnetic film 4 for RFs here, about 0.5-10 micrometers is preferably set to about 1-5 micrometers. Since the metal amorphous magnetic film 4 for RFs of this invention is excellent in the RF property, even if it forms membranes thickly by the monolayer, it can lessen loss.

[0022] Since the inductor B constituted like the above has the metal amorphous magnetic film 4 for RFs which has the RF property which is lightweight and was excellent in small and a thin shape, while contributing to small lightweight-ization of a flat-surface mold magnetic cell, frequency band several 100MHz or more and the inductance excellent in especially the high frequency band 1GHz or more are shown. In addition, with the 1st operation gestalt, although the inductor was explained, a transformer can consist of forming two or more flat-surface coils 2 in juxtaposition.

[0023] Next, the 2nd operation gestalt which applied the flat-surface mold magnetic cell of this invention to the inductor is shown. Drawing 3 is drawing showing the 2nd operation gestalt of the flat-surface mold magnetic cell (inductor) created using the metal amorphous magnetic film for RFs of this invention. In the inductor C of this 2nd operation gestalt, the laminating of an oxide film 11, the metal amorphous magnetic film 12 for RFs of this invention, and the insulator layer 13 is carried out one by one on a substrate 10, the flat-surface coil 14 is formed on an insulator layer 13, the flat-surface coil 14 and an insulator layer 13 are covered, an insulator layer 15 is formed, and the metal amorphous magnetic film 16 for RFs of this invention is formed on the insulator layer 15.

[0024] A substrate 10 consists of an ingredient equivalent to substrate 1a of a previous example, the metal amorphous magnetic films 12 and 16 for RFs consist of an ingredient equivalent to the magnetic film 4 of a previous example, and an insulator layer 13 consists of an ingredient equivalent to the insulator layer 3 of a previous example. An oxide film 11 can be formed by heating and oxidizing Si wafer thermally, when the substrate of for example, Si wafer is used for a substrate 10. However, even if this oxide film 11 is not indispensable and it omits it, it does not interfere. Like the inductor B of an example previously explained also in the inductor C of the 2nd operation gestalt, frequency band several 100MHz or more and the inductance excellent in especially the high frequency band 1GHz or more are shown, and it is small and lightweight and contributes to small lightweight-ization of a flat-surface mold magnetic cell. Moreover, in the example mentioned above, although the example of a flat-surface mold magnetic cell (inductor) was shown, it is also possible to use as a transformer considered as the configuration which has two flat-surface coils.

[0025]

[Example] (1) Using the membrane formation RF sputtering system, using the multicomponent target which has arranged the various pellets of each element, such as Element Q, on Co target in addition to Fe of this invention, Elements M, or these elements, it was among Ar gas ambient atmosphere, and where one

direction magnetic field 8 kA/m is impressed in a film surface, the sputter was performed, and the alloy film (monolayer) whose thickness is about 1 micrometer was produced. Thickness here was adjusted by controlling sputter time amount. The main sputter conditions are shown below.

preliminary exhaust air: -- 1×10^{-6} or less Torr high-frequency power: -- 200W Ar gas pressure: -- 6mTorr substrate: -- a glass substrate (indirect water cooling)

[0026] (Trial 1) The X diffraction investigated the condition of the organization immediately after membrane formation of the alloy film of the Co-Fe-Zr-Ta system in the presentation ratio of various Fe(s) (as-depo.). The result is shown in drawing 4. Drawing 4 is a graph which shows the result of the X diffraction in the alloy film shown by $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ ($20 \leq x \leq 25$). It turns out that the peak $\text{Co}_{63}\text{Fe}_{25}\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ film indicates a deposit of a crystal to be near $2\theta = 53^\circ$ is observed from the result shown in drawing 4, and it consists of a crystal phase and an amorphous phase. On the other hand, the diffraction line of $\text{Co}_{68}\text{Fe}_{20}\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ film which reduced the content of Fe is broadcloth, and it turns out that it consists of an amorphous phase. These things show that less than [20at%], then the alloy film of an amorphous condition are obtained in the content of Fe by the alloy film shown by $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$.

[0027] Next, Fe content dependency of the real part (μ') of complex permeability and imaginary part (μ'') in 1GHz was investigated about the alloy film shown by $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ immediately after membrane formation (as-depo.). The result is shown in drawing 5. Moreover, it is Fe content dependency of saturation magnetization (I_s) about the alloy film shown by $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$. It investigated. The result is shown in drawing 6. In addition, the content here of Fe was made into the range not more than 20at% where a crystal does not deposit.

[0028] When permuting Co by Fe in the alloy film shown by $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ from the result shown in drawing 5, about μ' in 1GHz, it turns out that it will be small if the content of Fe exceeds 8at% although μ' also becomes large with the increment in the content of Fe to 8at(s)%. Moreover, about μ'' in 1GHz, it turns out that μ'' is also large with the increment in the content of Fe. If the content of Fe increases as stated previously, an anisotropy field (H_k) will become small, a resonance frequency falls, and this is considered to be for μ'' to increase, although saturation magnetization (I_s) increases with the increment in the content of Fe and μ' goes up so that the result shown in drawing 6 may also show when permuting Co by Fe. Therefore, it sets on the alloy film shown by $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ from the result shown in drawing 4. In order that superfluous addition of Fe may cause crystallization, the content of Fe It is necessary to be less than [20at%], and the content of Fe to which the value of μ' does not become [the value of μ''] not much large greatly is understood that it is desirable to consider as more than 5at% and less than [10at%] from the result further shown in drawing 5.

[0029] Next, the content dependency of the element M of the real part (μ') of complex permeability and imaginary part (μ'') in 1GHz was investigated about the alloy film shown by $\text{Co}_{80-y}\text{Fe}_8(\text{Zr}_{0.17}\text{Ta}_{0.83})_y$ immediately after membrane formation (as-depo.). The result is shown in drawing 7. Moreover, the content dependency of the element M of saturation magnetization (I_s) was investigated about the alloy film shown by $\text{Co}_{80-y}\text{Fe}_8(\text{Zr}_{0.17}\text{Ta}_{0.83})_y$. The result is shown in drawing 8. In addition, the ratio of Zr and Ta presupposed that it is fixed, using Zr and Ta as an element M here.

[0030] drawing 7 -- having been shown -- a result -- from -- an element -- M -- a content -- an increment -- following -- μ' -- ' -- and -- μ'' -- " -- small -- becoming -- **** -- one -- GHz -- it can set -- μ' -- ' -- large -- and -- μ'' -- " -- being small (magnitude which is extent which is satisfactory practically) -- the range -- ***** -- ten -- at -- % -- more than -- it is -- things -- understanding . this -- Co -- an element -- M -- permuting -- the time -- drawing 8 -- having been shown -- a result -- from -- understanding -- as -- an element -- M -- a content -- increasing -- if -- Co -- a content -- decreasing -- saturation magnetization -- falling -- this -- following -- μ' -- ' -- falling -- moreover -- an element -- M -- a content -- an increment -- following -- specific resistance (ρ) -- a list -- an anisotropy field -- (-- H_k --) -- large -- becoming -- a resonance frequency -- revenue -- a cycle -- it can set -- μ' -- " -- small -- becoming -- since -- it is . Therefore, in the alloy film shown by $\text{Co}_{80-y}\text{Fe}_8(\text{Zr}_{0.17}\text{Ta}_{0.83})_y$ immediately after membrane formation, the content of Element M is understood that less than [more than 5at%20at%] is desirable since it stated previously, and it is more desirable to consider as more than 10at% and less than [20at%] if the result further shown in drawing 7 is taken into consideration.

[0031] Next, the content dependency of B of the real part (μ') of complex permeability and imaginary part (μ'') in 1GHz was investigated about what performed annealing treatment which holds for 120 minutes in the temperature requirement of 450-degreeC, and is annealed all over a magnetic field in a vacuum heating furnace after forming the alloy film shown by $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$. The result is shown in drawing 9.

[0032] Even if the content of B as an element Q increases the content of B to 7at(s)% about μ' in 1GHz in

the alloy film shown by Co₈₀-zFe₈Zr₂Ta₁₀Bz from the result shown in drawing 9, it hardly changes, but if 7at% is exceeded, it will fall rapidly. Moreover, although content 2at% of B is falling gradually with the increment in the content of B about μ'' in 1GHz, when 2at% is exceeded, it turns out that it is going up with the increment in the content of B. When this permutes Co by B, since the content of Co will decrease if the content of B increases, saturation magnetization falls and μ' falls in connection with this. moreover -- annealing treatment -- carrying out -- things -- annealing treatment -- not carrying out -- a case -- comparing -- μ' -- falling -- although -- annealing treatment -- an anisotropy field -- (Hk) -- large -- becoming -- a resonance frequency -- revenue -- a cycle -- it can set -- μ'' -- small -- becoming -- since -- it is .

[0033] Next, the X diffraction investigated the condition of the organization after performing annealing treatment (heat treatment) for stabilizing AMORUFASU all over the magnetic field of the alloy film of the Co-Fe-Zr-Ta-B system in the presentation ratio of various B. The result is shown in drawing 10. Drawing 10 is a graph which shows the result of the X diffraction in the alloy film shown by the alloy film (0 z= 2) shown by Co₈₀-zFe₈Zr₂Ta₁₀Bz.

[0034] It turns out that the peak which shows a deposit of a crystal near $2\theta=**$ is observed, and the alloy film shown by Co₈₀Fe₈Zr₂Ta₁₀ from the result shown in drawing 10 consists of a crystal phase and an amorphous phase. On the other hand, the diffraction line of the Co₇₈Fe₈Zr₂Ta₁₀ B-2 film which made the content of B 2at(s)% is broadcloth, and it turns out that it consists of an amorphous phase. Even if it carries out annealing treatment in a magnetic field by permuting Co of the alloy film shown by Co₈₀Fe₈Zr₂Ta₁₀ from these things by B, it turns out that the condition of an organization is maintainable with an amorphous condition. Therefore, without spoiling magnetic properties with an amorphous condition, even if it carries out annealing treatment if B is added on the alloy film shown by Co₈₀Fe₈Zr₂Ta₁₀ from the result shown in drawing 9 thru/or drawing 10, an anisotropy field (Hk) can be increased, μ' in a RF is enlarged, and μ'' can be made small. Moreover, in the alloy film shown by Co₈₀-zFe₈Zr₂Ta₁₀Bz, since saturation magnetization becomes small and superfluous addition of B degrades μ' , considering as less than [7at%] is more desirable.

[0035] Next, the result of having compared the RF property of the alloy film shown by Co₇₉Fe₉Zr₂Ta₁₀ with 13OFe₆₁Hf₂₆ film which is the Co₈₉Zr₆Ta₅ main film which is known until now, and which is amorphous alloy film, Co₉₀Hf₅Ta₅ film, Co₈₅Zr₆Nb₉ film, and an oxide nano crystal magnetic film is shown in the following table 1. 13OFe₆₁Hf₂₆ film is heat-treated among a static magnetic field after membrane formation among a non-field, and is as a result of [of the direction of a hard axis] measurement here.

[0036]

[Table 1]

Co-Fe-Zr-Ta 膜と Co-Zr-Ta, Co-Hf-Ta, Co-Zr-Nb, Fe-Hf-O 膜の高周波特性比較

合金膜組成	Co ₇₉ Fe ₉ Zr ₂ Ta ₁₀		Co ₈₉ Zr ₆ Ta ₅		Co ₉₀ Hf ₅ Ta ₅		Co ₈₅ Zr ₆ Nb ₉		Fe ₆₁ Hf ₂₆ O ₂₈	
比抵抗($\mu \Omega \text{cm}^{-1}$)	125		101		104		122		630	
飽和磁化(Is)(T)	1.1		1.3		1.2		1.1		1.3	
異方性磁界(Hk)kAm ⁻¹	2.9		1.3		1.6		1.0		1.2	
共鳴周波数 fr(GHz)	1.8		1.3		1.4		1.0		1.2	
複素透磁率の実数部(μ')	314	327	758	325	612	346	872	89	700	866
複素透磁率の虚数部(μ'')	13	191	23	612	12	492	35	866	27	1162
性能係数(Q= μ'/μ'')	24	1.7	33	0.5	50	0.7	25	0.1	26	0.7
	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz

[0037] Specific resistance is 101 - 122microomegacm, saturation magnetization is 1.1-1.3T, an anisotropy field is 1.0-1.6kAm⁻¹, and the resonance frequency of Co₈₉Zr₆Ta₅ film of the former [result / which was shown in Table 1], Co₉₀Hf₅Ta₅ film, and Co₈₅Zr₆Nb₉ film is 1.0-1.4GHz. Moreover, the real part of the complex permeability in 100MHz is as high as 612-872, since imaginary part is as low as 12 to 35, the figure of merit in 100MHz is high with 25-50, the real part of the complex permeability in 1GHz is 89-346, and since imaginary part is high rather than 492 to 866, and real part, it turns out that the figure of merit in 1GHz is low with 0.1-0.7.

[0038] Moreover, 13OFe₆₁Hf₂₆ conventional film has specific resistance as high as 630microomegacm, saturation magnetization is 1.3T, an anisotropy field is 1.2kAm⁻¹, and a resonance frequency is 1.2GHz. Moreover, the real part of the complex permeability in 100MHz is as high as 700, since imaginary part is as low as 27, the figure of merit in 100MHz is high with 26, the real part of the complex permeability in 1GHz is 866, and since imaginary part is high rather than 1162 and real part, it turns out that the figure of merit in

1GHz is low with 0.7.

[0039] On the other hand, although the alloy film shown by Co₇₉Fe₉Zr₂Ta₁₀ of the example of this invention is 125microomegacm and its specific resistance is lower than 13OFe₆₁Hf₂₆ film, specific resistance higher than Co₈₉Zr₆Ta₅ film, Co₉₀Hf₅Ta₅ film, and Co₈₅Zr₆Nb₉ film is obtained. Moreover, saturation magnetization is 1.1T and, as for the alloy film of this example, saturation magnetization equivalent to the conventional things, such as the Co₈₉Zr₆Ta₅ above-mentioned film and 13OFe₆₁Hf₂₆ film, is obtained. Moreover, an anisotropy field is 2.9kAm⁻¹, and a resonance frequency is also 1.8GHz, and the alloy film of this example is understood that an anisotropy field and a resonance frequency are high compared with the above-mentioned conventional thing. Moreover, although the real part of complex permeability [in / in the alloy film of this example / 100MHz] is 314, and the figure of merit in 100MHz is 24 and it has the above-mentioned conventional thing, an EQC, or a little low extent since imaginary part is as low as 24 The real part of the complex permeability in 1GHz is 327, and since imaginary part is low rather than 191 and real part, the figure of merit in 1GHz is 1.7, and it turns out that one 17 times the value of this is obtained from 2.4 times from the above-mentioned conventional thing, and the RF property is excellent.

[0040] Moreover, the result of having compared the real part (μ') of the complex permeability of the alloy film and the frequency characteristics of figure of merit (Q) which are shown by Co₈₀Fe₈Zr₂Ta₁₀ with Fe-Si-aluminum-Hf-C as main alloy system soft magnetism thin films known until now, Fe-aluminum-Si, nickel-Fe, Fe₆₁Hf₁₃O₂₆ film as an oxide nano crystal magnetic film, and Fe₆₂Hf₁₁O₂₇ film is shown in drawing 11 . 13OFe₆₁Hf₂₆ film is heat-treated among a static magnetic field after membrane formation among a non-field here, 11OFe₆₂Hf₂₇ film is in the condition immediately after forming membranes, impressing a static magnetic field, and all are as a result of [of the direction of a hard axis] measurement.

[0041] Although the alloy system soft magnetism thin film of the former [result / which was shown in drawing 11] of μ' near 1MHz is expensive, since specific resistance is small, μ' falls with the increment in a frequency by loss by the eddy current. Moreover, it turns out that Q value shows the low value in a RF field dozens of MHz or more. Moreover, μ' near 1MHz of 13OFe₆₁Hf₂₆ conventional film and 11OFe₆₂Hf₂₇ film is the conventional alloy system soft magnetism thin film and below equivalent, μ' of 13OFe₆₁Hf₂₆ film will fall rapidly, if it exceeds 100MHz, and μ' of 11OFe₆₂Hf₂₇ film will fall rapidly, if it exceeds hundreds of MHz. Moreover, although the Q value of 11OFe₆₂Hf₂₇ film shows the high value in the field near dozens of MHz, it turns out that the low value is shown in a high-frequency field 100MHz or more.

[0042] On the other hand, μ' of the alloy film shown by Co₈₀Fe₈Zr₂Ta₁₀ of this example Are higher than the alloy system soft magnetism thin film conventional in hundreds of MHz or more, and 11OFe₆₂Hf₂₇ film. moreover, μ' from it being almost regularity to 10MHz - 1000MHz In a RF field 1000MHz or more, μ' does not fall rapidly, but it is possible that a high value is shown, and it is thought above 1000MHz that a value higher than 13OFe₆₁Hf₂₆ conventional film is shown. Moreover, it is higher than the alloy system soft magnetism thin film of the former [Q value / of the alloy film of this example] in dozens of MHz or more, and 11OFe₆₂Hf₂₇ film, and it turns out that Q value higher than hundreds of MHz or more and 13OFe₆₁Hf₂₆ film of especially the former in 1000MHz or more is shown, and the RF property is excellent.

[0043]

[Effect of the Invention] If it is in Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of this invention as explained above Use Co as a principal component and Fe and one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V, and Ti are included. Still more preferably, since Q becomes as a subject, the amorphous phase containing one sort or two sorts or more of elements chosen from B, P, and C The addition of Co, Fe, and the above-mentioned element M and the above-mentioned element Q is changed. Further about the above-mentioned element M and the above-mentioned element Q By changing the element to choose, saturation magnetization (Is), specific resistance (ρ), and an anisotropy field (Hk) are controlled. The real part of complex permeability with a frequency of 100MHz or more by 300 And imaginary part is 20 or less, and the real part of complex permeability with a frequency of 1GHz is 300 or more, and imaginary part can show 200 or less, and what has high permeability is obtained as magnetic materials for RFs etc. in frequency band several 100MHz [or more], especially a high frequency band 1GHz or more. Moreover, if Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of this invention is used, the value of Q in a high frequency band 1GHz or more is large, and since a core with little loss can be offered, it will contribute to the formation of small lightweight of magnetic cells, such as a transformer, a core for the magnetic heads, an inductor, and a switching element, and high performance-ization greatly.

[0044] Moreover, since Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of this invention can manufacture the magnetic film excellent in the above RF properties with sufficient repeatability by the spatter, it is easy to manufacture. Moreover, if a magnetic cell is produced using Co basic metal amorphous magnetic film of this invention since the RF property is excellent as mentioned above even if Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of this invention is a monolayer, it can offer a magnetic cell with thin thickness.

[0045] If it is the magnetic cell equipped with Co basic metal amorphous magnetic film for RFs of this invention, a flat-surface mold magnetic cell, an inductor, and a transformer, and it is in some which are possible also for use in a GHz band, and could offer what applied the magnetic cell of this invention to the antenna, and the thing which was excellent in the property with little loss in a GHz band in the inductor of this invention, and used the magnetic cell of this invention for the wave absorber, what has a good absorption property can be offered in a GHz band.

[Translation done.]

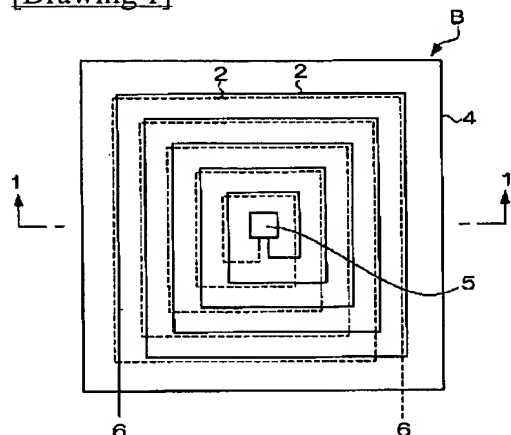
* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

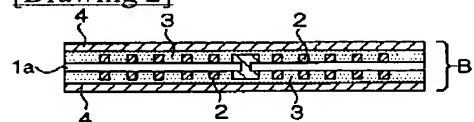
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

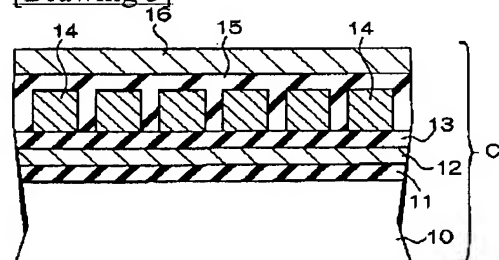
[Drawing 1]



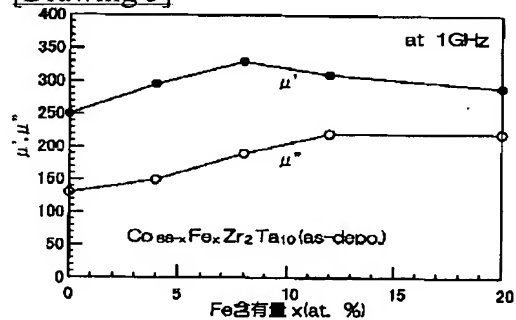
[Drawing 2]



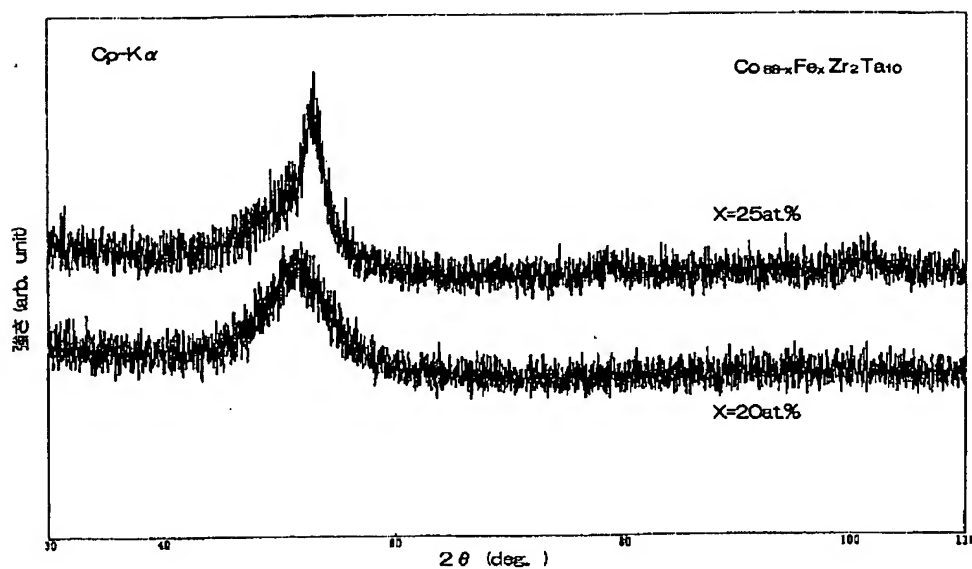
[Drawing 3]



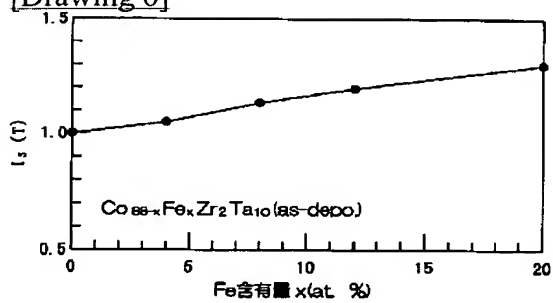
[Drawing 5]



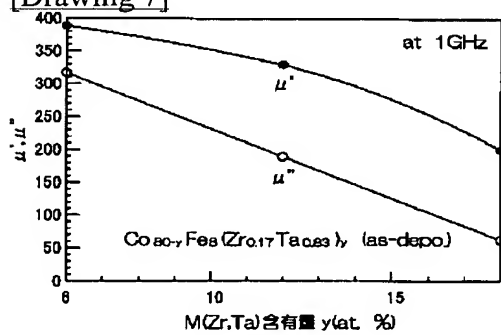
[Drawing 4]



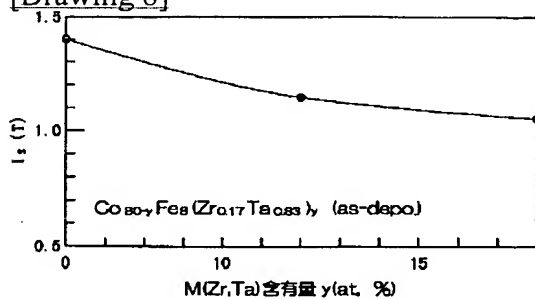
[Drawing 6]



[Drawing 7]

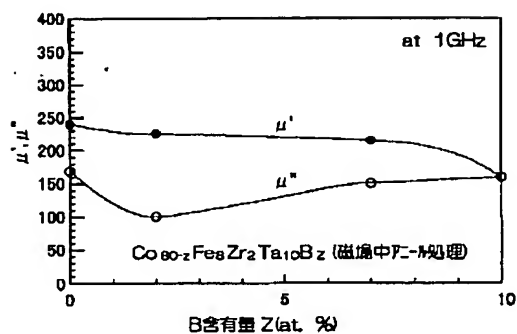


[Drawing 8]

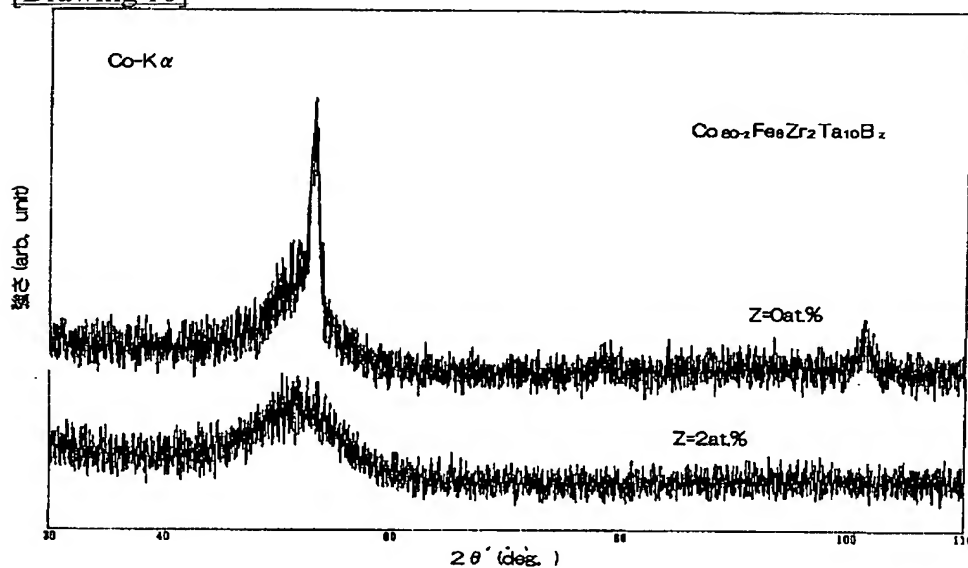


[Drawing 9]

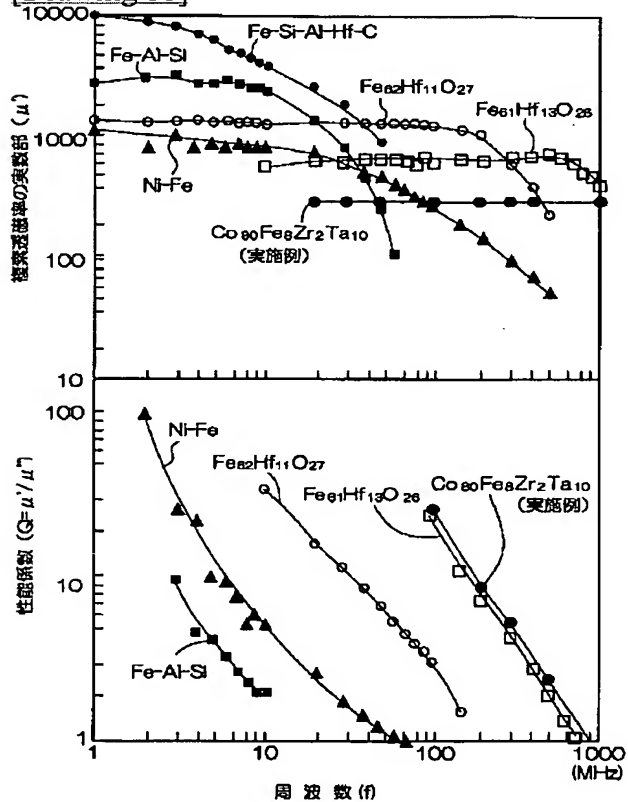
BEST AVAILABLE COPY



[Drawing 10]



[Drawing 11]



BEST AVAILABLE COPY

[Translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-252121

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl.

H01F 10/16

H01F 17/00

(21)Application number : 11-051889

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD
INOUE AKIHISA

(22)Date of filing : 26.02.1999

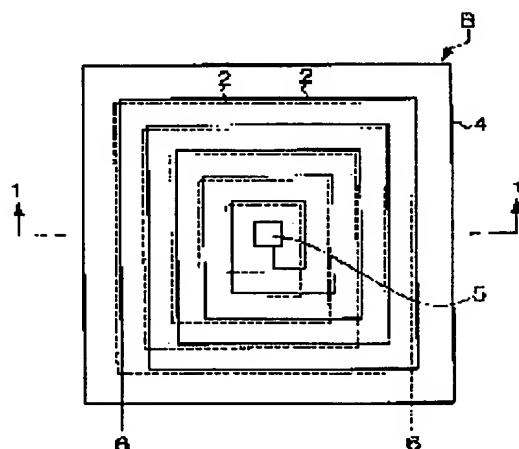
(72)Inventor : IGARASHI KAZUSATO
MIZUSHIMA TAKAO
MAKINO TERUHIRO
INOUE AKIHISA

(54) HIGH-FREQUENCY Co-BASED METALLIC AMORPHOUS MAGNETIC FILM, AND MAGNETIC ELEMENT, INDUCTOR AND TRANSFORMER USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a metallic amorphous magnetic film, which has a high permeability in a frequency band of several 100 MHz or higher and in particular, in a high-frequency zone band which is not smaller than 1 GHz as a high-frequency magnetic material, and which can be easily manufactured, and also to provide a magnetic element, inductor and transformer which use the magnetic film.

SOLUTION: A high-frequency Co-based metallic amorphous magnetic film 4 contains Co as a main component and an amorphous phase containing one or more of elements Fe, Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V and Ti as a main phase. The real part of the complex permeability at 100 MHz is 300 or more and an imaginary part thereof is 20 or less, the real part of a complex permeability at 1 GHz is 300 or more, and the imaginary part thereof is 200 or less.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-252121

(P2000-252121A)

(43) 公開日 平成12年9月14日 (2000.9.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 1 F 10/16		H 0 1 F 10/16	5 E 0 4 9
17/00		17/00	B 5 E 0 7 0

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-51889

(22) 出願日 平成11年2月26日 (1999.2.26)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(71) 出願人 591112625

井上 明久

宮城県仙台市青葉区川内元支倉35番地 川内住宅11-806

(72) 発明者 五十嵐 一聡

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外8名)

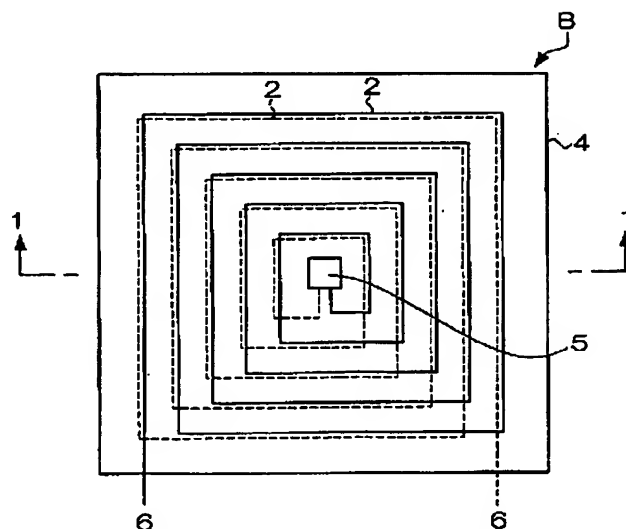
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波用Co基金属アモルファス磁性膜とそれを用いた磁気素子、インダクタ、トランス

(57) 【要約】

【課題】 高周波用などの磁性材料として数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で透磁率が高く、製造が容易な金属アモルファス磁性膜を提供すること、およびそれを用いた磁気素子、インダクタ、トランスの提供。

【解決手段】 Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素を含む非晶質相を主体としてなり、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下を示すことを特徴とする高周波用Co基金属アモルファス磁性膜4。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素を含む非晶質相を主体としてなり、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すことを特徴とする高周波用Co基金属アモルファス磁性膜。

【請求項2】 下記の組成からなることを特徴とする請求項1記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜。
 $Co_{100-x-y-z}Fe_xM_yQ_z$

ただし、MはZr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素であり、QはB、P、Cから選択される1種または2種以上の元素であり、組成比を示すx、y、zはat%で、 $x \leq 20$ 、 $5 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 12$ の関係を満足する。

【請求項3】 前記組成比x、y、zはat%で、 $5 \leq x \leq 10$ 、 $10 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 7$ であることを特徴とする請求項2記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜。

【請求項4】 単層膜であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を有することを特徴とする磁気素子。

【請求項6】 請求項1～4のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜から磁心が構成されることを特徴とする平面型磁気素子。

【請求項7】 請求項6記載の平面型磁気素子を用いたインダクタ。

【請求項8】 請求項6記載の平面型磁気素子を用いたトランス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で高い透磁率を示し、低損失の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜とそれを用いた磁気素子、インダクタ、トランスに関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気素子の小型化、高性能化に伴い、高い飽和磁束密度を有する上に、数100MHz以上の周波数帯域における透磁率が高く、高い比抵抗を有するものが求められている。従来、高い飽和磁束密度をもつ磁性材料としてFeあるいはFeを主成分とする非晶質合金が多く知られている。また、軟磁気特性が優れた材料としてCo系非晶質合金が知られている。ところが、上記のFe系非晶質合金の磁性膜をスパッタ法などの成膜

技術により作製すると、飽和磁束密度は高いものの、保磁力が大きく、また比抵抗が小さくなってしまい良好な軟磁気特性を得ることは困難であった。また、高周波数における透磁率低下の原因の一つに渦電流の発生による損失がある。この高周波における透磁率の低下の一因である渦電流損失を防ぐために、薄膜化および薄膜の高抵抗化を図ることが望まれている。

【0003】 しかしながら、磁気特性を保ったまま比抵抗を高めることは非常に難しく、センダスト等の合金系の軟磁性薄膜の比抵抗は、数十～百数十 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度と小さく、少なくとも0.5T以上の飽和磁束密度を確保しながら比抵抗を高めた軟磁性合金が求められている。また、合金を薄膜として得る場合には、磁歪の発生などの影響により良好な軟磁気特性を得ることはさらに困難である。また、上記のFe系やCo系の非晶質合金は、スパッタ法などにより製造できるため、製造が容易であるが、高周波帯域での損失が大きいため単層で用いることができないため、該非晶質合金薄膜と絶縁薄膜とを交互に積層した多層構造にすることにより、高周波帯域での損失を低減しているが、この方法では磁気素子の厚みが厚くなってしまう。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このような背景から本発明者らは、Fe-M-O系（ただし元素Mは、IVA、VA族元素、あるいは希土類元素のうちの少なくとも1種またはそれらの混合物を示し、 $50 \leq Fe \leq 70$ 、 $5 \leq M \leq 30$ 、 $10 \leq O \leq 30$ の組成を有する）の酸化物ナノ結晶磁性膜を開発し、特開平6-316748号明細書において特許出願している。この系の酸化物ナノ結晶磁性膜によれば、比抵抗が高い（ $215.3 \sim 133709 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ）ので高周波領域における渦電流損失が少なく、高周波領域において高い透磁率を得ることができ、飽和磁束密度が0.5T（テスラ）以上の高い値（0.7～1.5T前後）を得ることができ、保磁力も低い（0.8～4.0Oe）ものであった。

【0005】 ところが、一般的に透磁率を表すには、複素透磁率の実数部（ μ' ）と虚数部（ μ'' ）の2つの値があり、トランス、インダクタやアンテナの用途には実数部の値が高く、虚数部の値は低いことが望まれるが、Fe-M-O系の軟磁性合金薄膜にあっては数百MHz以上の高周波帯域では複素透磁率の実数部（ μ' ）の値を高い値にすることができるものの、複素透磁率の虚数部が実数部の値を超えるように大きくなり、（複素透磁率の実数部）／（複素透磁率の虚数部）の値、即ち、 $(\mu') / (\mu'')$ で表される性能係数（Q）の値が1を下回るようになり、損失が大きくなる問題がある。上記Qは、磁心材の損失特性を示すものであり、この値が大きいほど、高周波用材料として優れるといえる。また、上記の酸化物ナノ結晶磁性膜においては、製造時に磁性膜中に酸素を添加するので通常は反応性ス

パッタを採用するため、特性の再現性が難しく、製造が困難で、得られる磁気素子の特性にバラツキが生じてしまうという問題があった。

【0006】これに対して、通信関係の分野などにおいては、パーソナルハンディフォン（PHS）などの移動体通信端末機器の高周波化が急速に進展しており、GHz帯域がより一層利用される傾向にある。また、現在のところ部品として空芯のインダクタが利用されているが、占有面積が大きく、磁性薄膜をコアに用いることによって小型化する要求があり、また、将来的にはさらに高いQ値を持つ材料に対する要求が高まっていくと考えられる。

【0007】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、高周波用などの磁性材料として数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で透磁率が高く、製造が容易な金属アモルファス磁性膜を提供すること、およびそれを用いた磁気素子、インダクタ、トランスを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素を含む非晶質相を主体としてなり、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すことを特徴とする高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を上記課題の解決手段とした。

【0009】本発明は、上記高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を下記の組成からなるものとしたものである。

$Co_{100-x-y-z}Fe_xMyQ_z$

ただし、MはZr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素であり、QはB、P、Cから選択される1種または2種以上の元素であり、組成比を示すx、y、zはat%で、 $x \leq 20$ 、 $5 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 12$ の関係を満足する。本発明は、上記組成において、前記組成比x、y、zはat%で、 $5 \leq x \leq 10$ 、 $10 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 7$ とすることが好ましい。

【0010】本発明は、上記高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を単層膜としたものであってもよい。また、本発明は、上記のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を有することを特徴とする磁気素子を上記課題の解決手段とした。また、本発明は、上記のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜から磁心が構成されてなることを特徴とする平面型磁気素子を上記課題の解決手段とした。また、本発明は、上記の平面型磁

気素子を用いたトランスを上記課題の解決手段とした。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明についてさらに詳細に説明する。本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜（以下、高周波用アモルファス磁性膜と略す）は、Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素Mを含む非晶質相を主体としてなり、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すものである。

【0012】本発明の高周波用アモルファス磁性膜は、下記の組成式で示すことができる。Co

$100-x-y-zFe_xMyQ_z$

ただし、MはZr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素であり、QはB、P、Cから選択される1種または2種以上の元素であり、組成比を示すx、y、zはat%で、 $x \leq 20$ 、 $5 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 12$ の関係を満足する。上記Co $100-x-y-zFe_xMyQ_z$ なる組成式において、Coの組成比を示す $100-x-y-z$ は、at%で、 $48 \leq 100-x-y-z \leq 95$ とすることが好ましい。上記Co $100-x-y-zFe_xMyQ_z$ なる組成式において、上記組成比x、y、zはat%で、 $5 \leq x \leq 10$ 、 $10 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 7$ とすることが好ましい。

【0013】本発明の高周波用アモルファス磁性膜において、Coは磁性を担う元素である。特に高飽和磁束密度を得るためには、Coの含有量は多いほど好ましいが、Coを少なくし過ぎると飽和磁束密度が小さくなってしまふ。次に、Feは、磁性を担う元素であるが、Feの含有量の増加に伴って飽和磁化（Is）が増加して複素透磁率の実数部（ μ' ）を上げることができるが、Feの過剰な置換は結晶化を招くため、Feの含有量は20at%以下が良い。Feの含有量が増加すると、これに伴って異方性磁界（Hk）が小さくなり、共鳴周波数が下がり、複素透磁率の実数部（ μ'' ）が増加するため、Feの含有量としては、5at%以上10at%以下が好ましい。

【0014】上記元素Mは、非晶質相（アモルファス相）を形成するために必要なものである。また、元素Mは、比抵抗（ ρ ）並びに異方性磁界（Hk）を大きくし、共鳴周波数を上げて高周波における μ'' を小さくするが、多すぎると飽和磁化が低下し、これに伴って μ' が低下するため、元素Mの含有量は、5at%以上20at%以下が良く、好ましくは10at%以上20at%以下が良い。上記元素Mの含有量を上述した本願発明の範囲とするならば、比抵抗（ ρ ）を高め並びに異方性磁界（Hk）を大きくすることで μ'' を小さくし、渦電流損失を低減することができ、高周波帯域での複素透磁

率の実数部 (μ') の低下を抑制でき、高周波特性を改善できる。なお、上記の元素Mのなかでも特にHfには磁歪を抑制する作用があるものと考えられる。また、上記の元素Mのなかでも特にZrとTaの複合添加が好ましい。Co-Zr系では飽和磁化を高くすることができるが、正磁歪が発生してしまう。上記元素MとしてZrとTaの複合添加とすることで、零磁歪とし、かつ比抵抗を高くすることができる。

【0015】上記元素Qは、アモルファスを安定化するため、磁場中熱処理を行うことで、高周波特性を向上させるのに有効であるが、一方、この元素Qの添加は、飽和磁化 (I_s) を小さくし、 μ' を劣化させるので、12at%以下が良く、好ましくは2at%以上7at%以下が良い。なお、元素Qは、必ずしも添加されていなくてもよい。

【0016】本発明の高周波用アモルファス磁性膜を作製するには、合金膜をスパッタ、蒸着等の薄膜形成技術により作成する。スパッタ装置としてはRF2極スパッタ、DCスパッタ、マグネトロンスパッタ、3極スパッタ、イオンビームスパッタ、対向ターゲット式スパッタ等の既存のものを使用することができる。また、Coのターゲット上にFe、Zr等の元素Mまたはこれらの元素に加えてBなどの元素Qの各種ペレットを配置した複合ターゲットを用いてAr等の不活性ガス中で製作することもできる。また、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を製造するに際して、Co、Feと、上記元素Mと、上記元素Qの添加量を本発明の範囲内で変更し、さらに、上記元素Mと上記元素Qについては、選択する元素を本発明の範囲内で変更することにより、飽和磁化 (I_s)、比抵抗 (ρ)、異方性磁界 (H_k) を制御して、単層であっても高周波用などの磁性材料として数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で透磁率が高いものが得られる。

【0017】また、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜は、スパッタ法により、上述のような高周波特性が優れた磁性膜を再現性良く製造できるので、製造が容易である。また、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜は、単層であっても、上述のように高周波特性が優れているので、本発明の金属アモルファス磁性膜を用いて磁気素子を作製すると、厚みの薄い磁気素子を提供できる。なお、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜は、単層に限らず、多層のものであってもよい。

【0018】次に、本発明の平面型磁気素子をインダクタに適用した第1の実施形態を示す。図1、図2は、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を用いて作成された平面型磁気素子 (インダクタ) の第1の実施形態を示す図である。第1の実施形態のインダクタBにおいては、基板1aの両面にスパイラル状の平面コイル2、2が形成され、各コイル2、2と基板面を覆って絶縁膜3が設けられ、各絶縁膜3の上に本発明の高周波用金属

アモルファス磁性膜4が被覆され、基板1aの中央部分に形成したスルーホール5を介してコイル2、2の中心部分が電気的に接続されている。また、基板1aの両面のコイル2、2からそれぞれ端子6が基板1aの外方に出されている。この構成のインダクタBにおいては、平面コイル2、2をそれぞれ絶縁膜3を介して磁性膜4、4で挟むことにより、端子6、6間にインダクタが構成されるようになっている。

【0019】前記基板1aは、セラミック材料からなる基板、Siウエハの基板あるいは樹脂基板などからなる。セラミック材料で基板1aを構成する場合は、アルミナ、ジルコニア、炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミニウム、ステアタイト、ムライト、コージライト、フォルステライト、スピネルなどの各種のものを適宜選択して用いることができるが、熱膨張率をSiの熱膨張率に近づけるために、熱電導率が大きく、曲げ強度も大きい窒化アルミニウムなどを用いることが好ましい。

【0020】平面コイル2は、銅、銀、金、アルミニウムあるいはこれらの合金などの良導電性金属材料からなり、インダクタンス、直流重畳特性、サイズ等に応じて、電気的に直列に、縦にあるいは横に絶縁膜を介して適宜配置することができる。更に、平面コイル2は、導電層を基板上に形成後、フォトエッチングすることにより各種の形状に作成できる。導電層の製膜方法としては、プレス圧着、メッキ、金属溶射、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング、スクリーン印刷焼成法等の適宜の方法を用いれば良い。

【0021】絶縁膜3は、平面コイル2への通電時において、磁性膜4と導通してショートすることを防止するために設けられている。絶縁膜3は、ポリイミド等の高分子フィルム、 SiO_2 、ガラス、硬質炭素膜等の無機質膜からなるものを用いることが好ましい。この絶縁膜3は、ペースト印刷後に焼成する方法、溶融メッキ法、溶射、気相メッキ、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティングなどの方法により形成される。高周波用金属アモルファス磁性膜4は、先に説明した組成から構成されている。ここでの高周波用金属アモルファス磁性膜4の厚みとしては、0.5~10 μm 程度、好ましくは1~5 μm 程度とされる。本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜4は、高周波特性に優れているので、単層で厚く成膜しても損失を少なくすることができる。

【0022】上記の如く構成されたインダクタBは、小型かつ薄型で軽量であり、優れた高周波特性を有する高周波用金属アモルファス磁性膜4を有している。平面型磁気素子の小型軽量化に寄与するとともに、数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で優れたインダクタンスを示す。なお、第1の実施形態では、インダクタについて説明したが、平面コイル2を並列的に複数設けることでトランスを構成できる。

【0023】次に、本発明の平面型磁気素子をインダク

タに適用した第2の実施形態を示す。図3は、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を用いて作成された平面型磁気素子（インダクタ）の第2の実施形態を示す図である。この第2の実施形態のインダクタCにおいては、基板10の上に酸化膜11と本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜12と絶縁膜13とが順次積層され、絶縁膜13上に平面コイル14が形成され、平面コイル14と絶縁膜13を覆って絶縁膜15が形成され、絶縁膜15上に本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜16が形成されている。

【0024】基板10は先の例の基板1aと同等の材料からなり、高周波用金属アモルファス磁性膜12、16は、先の例の磁性膜4と同等の材料からなり、絶縁膜13は先の例の絶縁膜3と同等の材料からなる。酸化膜11は、基板10に例えばSiウェハの基板を用いた場合に、Siウェハを加熱して熱酸化することにより形成できる。ただし、この酸化膜11は必須のものではなく、省略しても差し支えない。第2の実施形態のインダクタCにおいても先に説明した例のインダクタBと同様に、数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で優れたインダクタンスを示し、小型かつ軽量であり、平面型磁気素子の小型軽量化に寄与する。また、上述した例においては、平面型磁気素子（インダクタ）の例を示したが、平面コイルを2つ有する構成としたトランスとして用いることも可能である。

【0025】

【実施例】（1）成膜

高周波スパッタ装置を用いて、Coターゲット上に本発明のFe、元素M、またはこれらの元素に加えて元素Qなどの各元素の各種ペレットを配置した複合ターゲットを用い、Arガス雰囲気中で、かつ膜面内に一方向磁場8kA/mを印加した状態でスパッタを行い、膜厚が約1μmの合金膜（単層膜）を作製した。ここでの膜厚は、スパッタ時間をコントロールすることにより調整した。主なスパッタ条件を以下に示す。

予備排気：1×10⁻⁶Torr以下

高周波電力：200W

Arガス圧：6mTorr

基板：ガラス基板（間接水冷）

【0026】（試験1）種々のFeの組成比率におけるCo-Fe-Zr-Ta系の合金膜の成膜直後（as-depo.）の組織の状態をX線回折により調べた。その結果を図4に示す。図4は、Co_{88-x}Fe_xZr₂Ta₁₀（x=20, 25）で示される合金膜におけるX線回折の結果を示すグラフである。図4に示した結果からCo₆₃Fe₂₅Zr₂Ta₁₀膜は、2θ=53°付近に結晶の析出を示すピークが観察され、結晶相とアモルファス相からなることがわかる。これに対してFeの含有量を減らしたCo₆₈Fe₂₀Zr₂Ta₁₀膜の回折線は、ブロードであり、アモルファス相からなることがわかる。こ

れらのことから、Co_{88-x}Fe_xZr₂Ta₁₀で示される合金膜では、Feの含有量を20at%以下とすれば、アモルファス状態の合金膜が得られることがわかる。

【0027】次に、成膜直後（as-depo.）のCo_{88-x}Fe_xZr₂Ta₁₀で示される合金膜について、1GHzにおける複素透磁率の実数部（μ'）と虚数部（μ''）のFe含有量依存性を調べた。その結果を図5に示す。また、Co_{88-x}Fe_xZr₂Ta₁₀で示される合金膜について、飽和磁化（Is）のFe含有量依存性を調べた。その結果を図6に示す。なお、ここでのFeの含有量は、結晶が析出しない20at%以下の範囲とした。

【0028】図5に示した結果からCo_{88-x}Fe_xZr₂Ta₁₀で示される合金膜においてCoをFeで置換するとき、1GHzにおけるμ'については、Feの含有量が8at%まではFeの含有量の増加に伴ってμ'も大きくなるが、8at%を超えると小さくなっていることがわかる。また、1GHzにおけるμ''については、Feの含有量の増加に伴ってμ''も大きくなっていることがわかる。これは、CoをFeで置換するとき、図6に示した結果からもわかるようにFeの含有量の増加に伴って飽和磁化（Is）が増加してμ'が上がるが、先に述べたようにFeの含有量が増えると異方性磁界（Hk）が小さくなり、共鳴周波数が下がり、μ''が増加するためであると考えられる。従って、図4に示した結果から、Co_{88-x}Fe_xZr₂Ta₁₀で示される合金膜においては、Feの過剰な添加は、結晶化を招くため、Feの含有量は、20at%以下である必要があり、さらに図5に示した結果から、μ'の値が大きく、かつ、μ''の値があまり大きくならないFeの含有量は、5at%以上、10at%以下とすることが好ましいことがわかる。

【0029】次に、成膜直後（as-depo.）のCo_{80-y}Fe₈（Zr_{0.17}Ta_{0.83}）_yで示される合金膜について、1GHzにおける複素透磁率の実数部（μ'）と虚数部（μ''）の元素Mの含有量依存性を調べた。その結果を図7に示す。また、Co_{80-y}Fe₈（Zr_{0.17}Ta_{0.83}）_yで示される合金膜について、飽和磁化（Is）の元素Mの含有量依存性を調べた。その結果を図8に示す。なお、ここでの元素Mとしては、ZrとTaを用い、ZrとTaの比率は一定とした。

【0030】図7に示した結果から元素Mの含有量の増加に伴ってμ'およびμ''が小さくなっており、1GHzにおけるμ'が大きく、かつ、μ''が小さい（実用上問題のない程度の大きさ）範囲としては、10at%以上であることがわかる。これは、Coを元素Mで置換するとき、図8に示した結果からもわかるように元素Mの含有量の増加するとCoの含有量が減少し、飽和磁化が低下し、これに伴ってμ'が低下し、また、元素Mの含有量の増加に伴って比抵抗（ρ）並びに異方性磁界（H

k) が大きくなり、共鳴周波数が上がり高周波における μ'' が小さくなるからである。従って、成膜直後の $\text{Co}_{80-y}\text{Fe}_y(\text{Zr}_{0.17}\text{Ta}_{0.83})_y$ で示される合金膜において、元素Mの含有量は、先に述べた理由から5at%以上20at%以下が好ましく、さらに図7に示した結果を考慮すると、10at%以上、20at%以下とするのがより好ましいことがわかる。

【0031】次に、 $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_z\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$ で示される合金膜を成膜後、真空加熱炉中で、磁場中で450°Cの温度範囲で120分間保持し徐冷するアニール処理を行ったものについて、1GHzにおける複素透磁率の実数部(μ')と虚数部(μ'')のBの含有量依存性を調べた。その結果を図9に示す。

【0032】図9に示した結果から $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_z\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$ で示される合金膜において1GHzにおける μ' については元素QとしてのBの含有量が7at%まではBの含有量を増加しても殆ど変化しないが、7at%を超えると急激に低下している。また、1GHzにおける μ'' については、Bの含有量2at%まではBの含有量の増加に伴って徐々に低下しているが、2at%を超えるとBの含有量の増加に伴って上昇していることがわかる。これは、CoをBで置換するとき、Bの含有量が増加するとCoの含有量が減少するので、飽和磁化が低下し、これに伴って μ' が低下する。また、アニール処理することにより、アニール処理しない場合に比べて μ' は低下するが、アニール処理により異方性磁界(Hk)が大きくなり、共鳴周波数が上がり高周波における μ'' が小さくなるからである。

【0033】次に、種々のBの組成比率におけるCo-Fe-Zr-Ta-B系の合金膜の磁場中でアモルファス状態を安定化するためのアニール処理(熱処理)を行った後の組織の状態をX線回折により調べた。その結果を図*

Co-Fe-Zr-Ta 膜と Co-Zr-Ta, Co-Hf-Ta, Co-Zr-Nb, Fe-Hf-O 膜の高周波特性比較

合金膜組成	$\text{Co}_{79}\text{Fe}_2\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$		$\text{Co}_{88}\text{Zr}_6\text{Ta}_5$		$\text{Co}_{90}\text{Hf}_5\text{Ta}_5$		$\text{Co}_{85}\text{Zr}_6\text{Nb}_9$		$\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$	
比抵抗($\mu\Omega\text{cm}^{-1}$)	125		101		104		122		630	
飽和磁化(I_s)(T)	1.1		1.3		1.2		1.1		1.3	
異方性磁界(Hk)(kAm $^{-1}$)	2.9		1.3		1.6		1.0		1.2	
共鳴周波数 fr(GHz)	1.8		1.3		1.4		1.0		1.2	
複素透磁率の実数部(μ')	314	327	758	325	612	346	872	89	700	886
複素透磁率の虚数部(μ'')	13	191	23	612	12	492	35	866	27	1162
性能係数($Q=\mu'/\mu''$)	24	1.7	33	0.5	50	0.7	25	0.1	26	0.7
	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz

【0037】表1に示した結果から従来の $\text{Co}_{89}\text{Zr}_6\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Hf}_5\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{85}\text{Zr}_6\text{Nb}_9$ 膜は、比抵抗が101~122 $\mu\Omega\text{cm}$ であり、飽和磁化が1.1~1.3Tであり、異方性磁界が1.0~1.6kAm $^{-1}$ であり、共鳴周波数が1.0~1.4GHzである。また、100MHzにおける複素透磁率の実数部は、612~872と高く、虚数部は12から35と低いため、100MHzにおける性能係数は25~50

*10に示す。図10は、 $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_z\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$ で示される合金膜($z=0, 2$)で示される合金膜におけるX線回折の結果を示すグラフである。

【0034】図10に示した結果から $\text{Co}_{80}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜は、 $2\theta=^\circ$ 付近に結晶の析出を示すピークが観察され、結晶相とアモルファス相からなることがわかる。これに対してBの含有量を2at%とした $\text{Co}_{78}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_2$ 膜の回折線は、ブロードであり、アモルファス相からなることがわかる。これらのことから $\text{Co}_{80}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜のCoをBで置換することにより、磁場中アニール処理しても、組織の状態をアモルファス状態のままで維持することができることがわかる。従って図9乃至図10に示した結果から $\text{Co}_{80}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜にBを添加すると、アニール処理してもアモルファス状態のままで磁気特性を損なうことなく、異方性磁界(Hk)を増大でき、高周波における μ' を大きくし、 μ'' を小さくできる。また、 $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_z\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$ で示される合金膜において、Bの過剰な添加は、飽和磁化が小さくなり、 μ' を劣化させるので、7at%以下とするのがより好ましい。

【0035】次に、 $\text{Co}_{79}\text{Fe}_9\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の高周波特性を、これまで知られている主な非晶質合金膜である $\text{Co}_{89}\text{Zr}_6\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Hf}_5\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{85}\text{Zr}_6\text{Nb}_9$ 膜、酸化物ナノ結晶磁性膜である $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜と比較した結果を下記表1に示す。ここで $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜は無磁界中成膜後に静磁界中熱処理したものであり、磁化困難軸方向の測定結果である。

【0036】

【表1】

と高くなっており、1GHzにおける複素透磁率の実数部は、89~346であり、虚数部は492から866と実数部よりも高くなっているため、1GHzにおける性能係数は0.1~0.7と低くなっていることがわかる。

【0038】また、従来の $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜は、比抵抗が630 $\mu\Omega\text{cm}$ と高く、飽和磁化が1.3Tであり、異方性磁界が1.2kAm $^{-1}$ であり、共鳴周波数が

1. 2GHzである。また、100MHzにおける複素透磁率の実数部は、700と高く、虚数部は27と低いため、100MHzにおける性能係数は26と高くなっており、1GHzにおける複素透磁率の実数部は866であり、虚数部は1162と実数部よりも高くなっているため、1GHzにおける性能係数は0.7と低くなっていることがわかる。

【0039】これに対して本発明の実施例の $\text{Co}_{79}\text{Fe}_9\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜は、比抵抗が $125\mu\Omega\text{cm}$ であり、 $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜よりは低いが、 $\text{Co}_{89}\text{Zr}_6\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Hf}_5\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{85}\text{Zr}_6\text{Nb}_9$ 膜よりは高い比抵抗が得られている。また、本実施例の合金膜は、飽和磁化が1.1Tであり、上記の $\text{Co}_{89}\text{Zr}_6\text{Ta}_5$ 膜や $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜等の従来のものと同等の飽和磁化が得られている。また、本実施例の合金膜は、異方性磁界が 2.9kAm^{-1} であり、また、共鳴周波数も1.8GHzであり、上記の従来のものに比べて異方性磁界ならびに共鳴周波数が高いことがわかる。また、本実施例の合金膜は、100MHzにおける複素透磁率の実数部は、314であり、虚数部は24と低いため、100MHzにおける性能係数は24であり、上記の従来のものと同等あるいはやや低い程度となっているが、1GHzにおける複素透磁率の実数部は、327であり、虚数部は191と実数部よりも低くなっているため、1GHzにおける性能係数は1.7であり、上記の従来のものより2.4倍から17倍の値が得られており、高周波特性が優れていることがわかる。

【0040】また、 $\text{Co}_{80}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の複素透磁率の実数部(μ')と性能係数(Q)の周波数特性を、これまで知られている主な合金系軟磁性薄膜としての Fe-Si-Al-Hf-C 、 Fe-Al-Si 、 Ni-Fe 、酸化物ナノ結晶磁性膜としての $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_{27}$ 膜と比較した結果を図11に示す。ここで $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜は無磁界中成膜後に静磁界中熱処理したものであり、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_{27}$ 膜は静磁界を印加しながら成膜した直後の状態であり、いずれも磁化困難軸方向の測定結果である。

【0041】図11に示した結果から従来の合金系軟磁性薄膜は、1MHz付近の μ' は高いが、比抵抗が小さいため、渦電流による損失により、 μ' は周波数の増加とともに低下する。また、Q値は、数十MHz以上の高周波領域において低い値を示していることがわかる。また、従来の $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_{27}$ 膜は、1MHz付近の μ' は従来の合金系軟磁性薄膜と同等以下であり、 $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜の μ' は100MHzを超えると急激に低下しており、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_{27}$ 膜の μ' は数百MHzを超えると急激に低下している。また、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_{27}$ 膜のQ値は数十MHz付近の領域において高い値を示しているが、100MHz以上の高周波数領域において低い値を示していることがわかる。

【0042】これに対して本実施例の $\text{Co}_{80}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の μ' は、数百MHz以上では、従来の合金系軟磁性薄膜や $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_{27}$ 膜より高く、また、 μ' は10MHz~1000MHzまで殆ど一定であることから、1000MHz以上の高周波領域においても μ' は急激には低下せず、高い値を示すことが考えられ、1000MHz以上では従来の $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜よりも高い値を示すと考えられる。また、本実施例の合金膜のQ値は、数十MHz以上では、従来の合金系軟磁性薄膜や $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_{27}$ 膜より高く、数百MHz以上、特に1000MHz以上では従来の $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_{26}$ 膜より高いQ値を示しており、高周波特性が優れていることがわかる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜にあっては、Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素を含み、さらに好ましくはQはB、P、Cから選択される1種または2種以上の元素を含む非晶質相を主体とするものである。Co、Feと、上記元素Mと、上記元素Qの添加量を変更し、さらに、上記元素Mと上記元素Qについては、選択する元素を変更することにより、飽和磁化(I_s)、比抵抗(ρ)、異方性磁界(H_k)を制御して、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すことができ、高周波用などの磁性材料として数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で透磁率が高いものが得られる。また、本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を用いれば、1GHz以上の高周波帯域でのQの値が大きく、損失の少ない磁心を提供できるので、トランス、磁気ヘッド用のコア、インダクタ、スイッチング素子などの磁気素子の小型軽量化、高性能化に大きく寄与するものである。

【0044】また、本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜は、スパッタ法により、上述のような高周波特性が優れた磁性膜を再現性良く製造できるので、製造が容易である。また、本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜は、単層であっても、上述のように高周波特性が優れているので、本発明のCo基金属アモルファス磁性膜を用いて磁気素子を作製すると、厚みの薄い磁気素子を提供できる。

【0045】本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を備えた磁気素子、平面型磁気素子、インダクタ、トランスであれば、GHz帯域での使用も可能であり、本発明の磁気素子をアンテナに適用したものや本発明のインダクタにおいてはGHz帯域での損失の少ない特性の優れたものを提供でき、また、本発明の磁気素子

13

を電波吸収体に用いたものにおいてはGHz帯域において吸収特性の良好なものを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を用いて作成された平面型磁気素子（インダクタ）の第1の実施形態を示す平面図である。

【図2】 図1の1-1線断面図である。

【図3】 本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を用いて作成された平面型磁気素子（インダクタ）の第2の実施形態を示す断面図である。

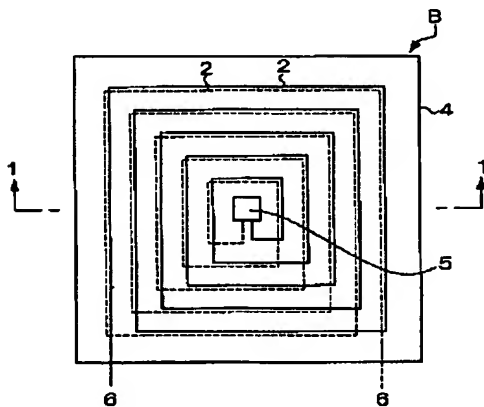
【図4】 $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ ($x=20, 25$) で示される合金膜におけるX線回折の結果を示すグラフである。

【図5】 $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の1GHzにおける複素透磁率の実数部と虚数部のFe含有量依存性を示すグラフである。

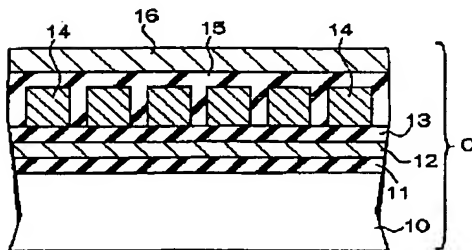
【図6】 $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の飽和磁化のFe含有量依存性を示すグラフである。

【図7】 $\text{Co}_{80-y}\text{Fe}_8(\text{Zr}_{0.17}\text{Ta}_{0.83})_y$ で示される合金膜の1GHzにおける複素透磁率の実数部と虚数部の元素Mの含有量依存性を示すグラフである。

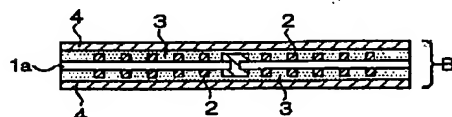
【図1】



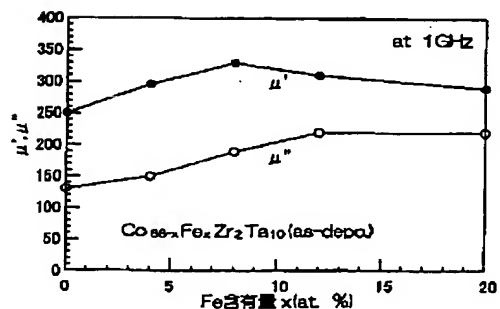
【図3】



【図2】



【図5】



14

【図8】 $\text{Co}_{80-y}\text{Fe}_8(\text{Zr}_{0.17}\text{Ta}_{0.83})_y$ で示される合金膜の飽和磁化の元素Mの含有量依存性を示すグラフである。

【図9】 磁場中アニール処理後の $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$ で示される合金膜の1GHzにおける複素透磁率の実数部と虚数部のBの含有量依存性を示すグラフである。

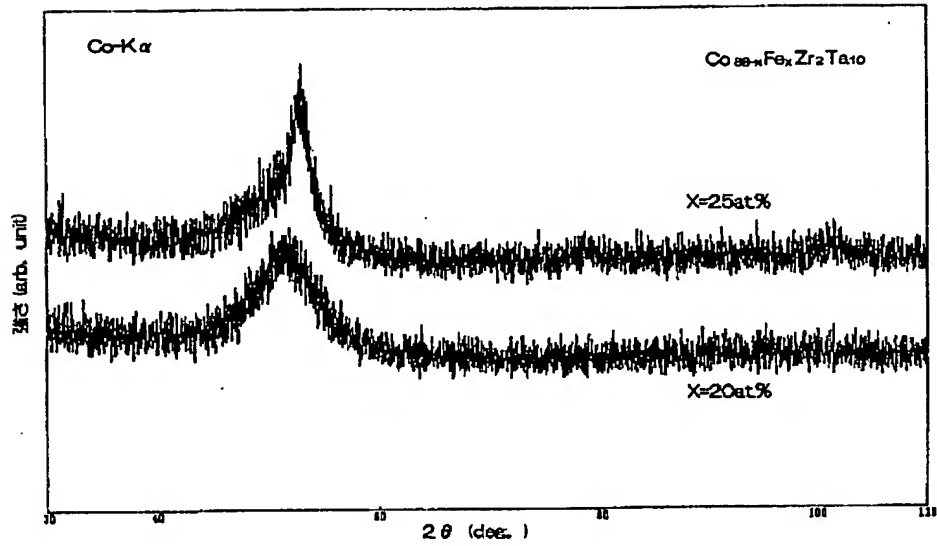
【図10】 磁場中アニール処理後の $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$ で示される合金膜 ($z=0, 2$) で示される合金膜のX線回折の結果を示すグラフである。

【図11】 $\text{Co}_{80}\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の複素透磁率の実数部と性能係数の周波数特性を、これまでの報告されている主な合金系軟磁性薄膜、酸化物ナノ結晶磁性膜と比較した結果を示すグラフである。

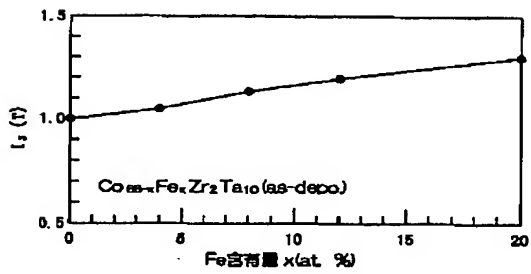
【符号の説明】

B, C…平面型磁気素子（インダクタ）、1a, 10…基板、2, 14…平面コイル、3, 13…絶縁膜、4, 12, 16…高周波用金属アモルファス磁性膜（高周波用Co基金属アモルファス磁性膜）、5…スルーホール、6…端子、11…酸化膜。

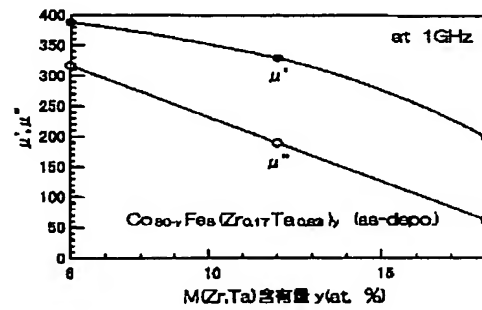
【図4】



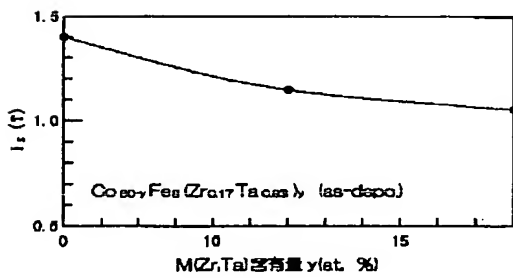
【図6】



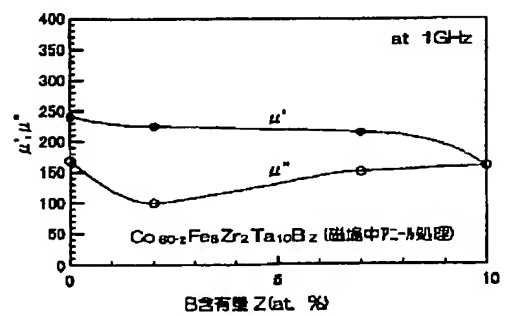
【図7】



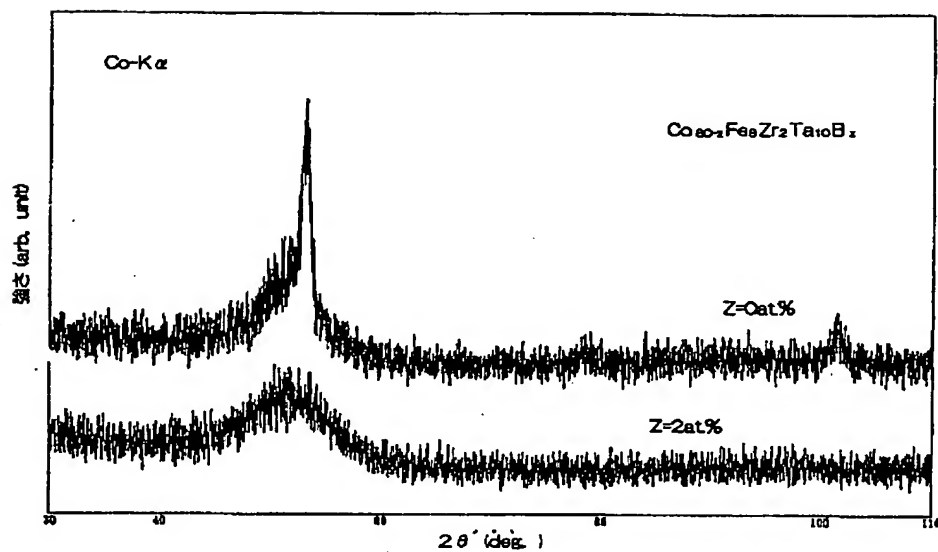
【図8】



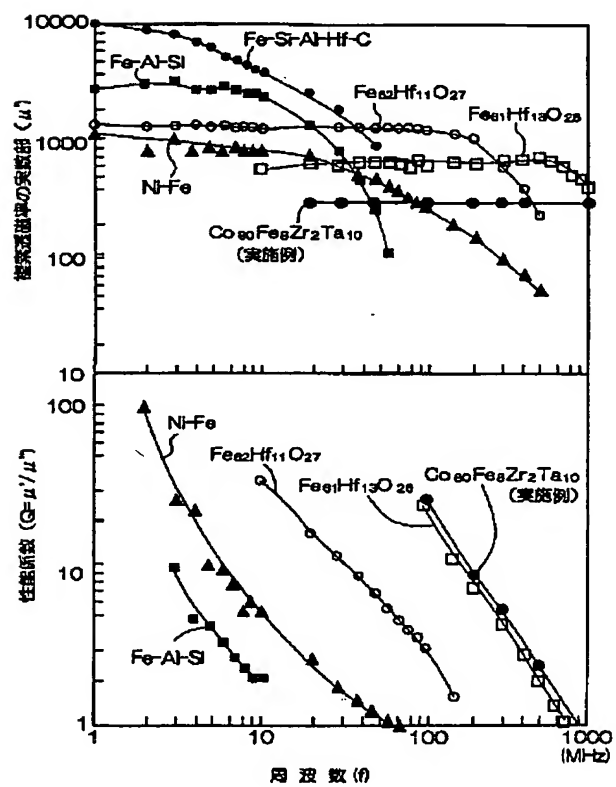
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 水嶋 隆夫
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内
(72)発明者 牧野 彰宏
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(72)発明者 井上 明久
宮城県仙台市青葉区川内元支倉35番地 川
内住宅11-806
Fターム(参考) 5E049 AA04 AA09 AC01 BA14
5E070 AA01 AB07 BA20 BB02 CB12